

意思決定問題におけるファジィ評価の扱い —e-Learningシステムの評価分析—

Approach to fuzzy evaluations on decision-making problems
—An evaluation analysis for a e-Learning system—

平 良 直 之

【要 旨】

意思決定問題において、ファジィ理論を応用した研究事例が数多く報告されている。一方、ファジィ数として得られた結論を、デファジィ化法を用いて、クリस्प値に変換し評価するアプローチが知られている。本稿では、重心法、EAMおよび可変軸法の特徴を整理し、文献[1]におけるe-Learningシステム評価に可変軸法を適用する。

【目 次】

1. はじめに
2. ファジィ意思決定
3. ファジィ評価のデファジィ化
4. e-Learning システムの評価分析
5. おわりに

1. はじめに

我々が日常で行う意思決定において経験や勘といった要因が影響を及ぼすことは言うまでもない。近年の意思決定関連研究においてこれらの要因を如何に扱うかの議論がなされており、ファジィ数を用いて、経験や勘を含んだ判断を定量化するアプローチが数多く報告されている。例えば、1983年にLaarhovenは意思決定の数理モデルとしてLLSM (Logarithmic Least Squares Method) を提案しており、現在に至るまでファジィ意思決定研究に大きな影響を与えている[2-5]。

ファジィ意思決定研究において、ファジィ数として得られた評価を如何に判断すべきかが議論されることは少なく、既存研究成果では重心法を用いてデファジィ化される

ことが多い。一方、重心法とは異なるデファジィ化法として、Changにより提案されたEAM (Extent Analysis Method) がある[6]。この手法について、判断対象となるファジィ数間の相対的關係から順位付けを行う点が特長としてあげられ、相対關係を考慮しない重心法と比べ、我々の感覚に近い評価値を決定できると期待できる。実際、Chian-sonはEAMを用いたファジィ集団意思決定法を提案している[5]。しかしながらEAMでは、デファジィ化を行う過程でファジィ数の正規化を施すケースの議論が十分にはなされておらず、また、ファジィ数間の相対關係から一方のファジィ数を0として扱わざるおえない特殊なケースが存在する。

本稿では、各種デファジィ化法に対して、

数値例をまじえて比較する。ここでは、重心法とEAMに加えて筆者らが提案する可変軸法について、その特徴を整理する。また、文献[1]で報告されたe-Learningシステム評価において可変軸法を適用する。

2. ファジィ意思決定

主観的判断における曖昧さを定量的に解析する概念として、L. A. Zadehにより提案されたファジィ理論が知られている[7-10]。ファジィ理論は、ファジィ集合、ファジィ論理、ファジィ測度によって組み立てられた理論体系であり、解析対象に応じて様々なアプローチが提案されている。

現代数学で取り扱う集合（以下、クリスプ集合）は確定された対象物の集まりであり、任意の対象物に対して集合に属するか、属さないかを判断するものである。それに対し、ファジィ集合は対象物 x が集合 M に属する度合い $\mu_M(x)$ も判断の対象としている。したがって、ファジィ集合は、要素 x と帰属度 $\mu_M(x)$ の対の集合として定義されている。例えば、実数上のファジィ集合（以下、ファジィ数）は

$$\tilde{M} = \{(x, \mu_M(x)) \mid x \in R\} \quad (2-1)$$

where $\mu_M : x \rightarrow [0, 1]$

として記述される。また、ファジィ数において、帰属度をメンバーシップ関数と呼ばれる関数として捉えるアプローチが数多く提案されており、三角型ファジィ数のメンバーシップ関数は

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} - \frac{l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{x}{m-u} - \frac{u}{m-u}, & x \in [m, u] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-2)$$

上式のように定義される。式(2-2)において、 l はファジィ数 \tilde{M} の下限値、 m と u はその中央値と上限値を意味する。また、三角型ファジィ数はこれらのパラメータを用いて $\tilde{M} = (M_l, M_m, M_u)$ と簡易的に表現することも多い。

一方、意思決定を支援する有効な手法として、T. L. Saatyにより提案されたAnalytic Hierarchy Process（以下、AHP）があり、様々な分野において適用事例が報告されている[11-14]。AHPでは、まず意思決定問題を階層構造として整理する。次に、階層構造を構成する各レベルに対して一対比較行列を作成し、その主固有ベクトルを求め各レベルの評価ベクトルとして採用する。最後に評価ベクトルを統合し、代替案の評価値を決定する。

ファジィ理論によるAHPの改良を試みた研究成果として、ファジィ一対比較値を基とした意思決定手法が数多く提案されている[2-3]。以下にファジィ一対比較行列を示す。

$$\tilde{\mathbf{M}} = \begin{pmatrix} \tilde{M}_{11} & \tilde{M}_{12} & \cdots & \tilde{M}_{1n} \\ \tilde{M}_{21} & \tilde{M}_{22} & \cdots & \tilde{M}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{M}_{n1} & \tilde{M}_{n2} & \cdots & \tilde{M}_{nn} \end{pmatrix} \quad (2-3)$$

ただし、ファジィ一対比較行列の各要素において

$$\begin{aligned} \tilde{M}_{ij} &= (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad \forall i, j=1, 2, \dots, n \\ \tilde{M}_{ii} &= (1, 1, 1) \\ \tilde{M}_{ji} &= \tilde{M}_{ij}^{-1} = (1/u_{ij}, 1/m_{ij}, 1/l_{ij}) \end{aligned}$$

とする。ファジィ意思決定に関する研究成果の例として、文献[1]では次式によるファジィ評価の算出を提案している。

$$\tilde{w}_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n \tilde{M}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\max_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n \tilde{M}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad \forall i, j=1, 2, \dots, n \quad (2-4)$$

3. ファジィ評価のデファジィ化

3.1 Centroid Method

ファジィ数として得られた結論をデファジィ化する手法として、Centroid Method (以下、重心法) が知られており、ファジィ推論等で得られた評価をクリスプ数へ変換する際に広く用いられている[15]。重心法の特徴は、ファジィ数 \tilde{M} を表現するメンバーシップ関数 $\mu_M(x)$ の重心位置 x^* をその代表値と捉えることにある。以下に、重心法の定義式を示す。例えば、Fig. 3-1 の数値例におけるファジィ数を重心法によりデファジィ化した際、 \tilde{M}_1 と \tilde{M}_2 はそれぞれ 0.5, 0.4 となる。

$$x^* = \frac{\int \mu_M(x) \cdot x \, dx}{\int \mu_M(x) \, dx} \quad (3-1)$$

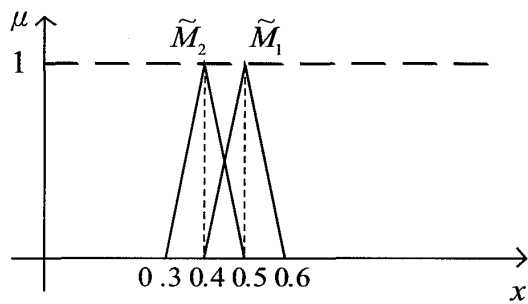


Fig. 3-1 ファジィ評価のデファジィ化 (i)

その一方で、この手法は式 (3-1) で得られた値をデファジィ化したクリスプ値として採用するため、Fig. 3-2 においても \tilde{M}_1 と \tilde{M}_2 は 0.5, 0.4 となり、両数値例におけるファジィ数の関係は同じとして扱うことになる。したがって、複数のファジィ数を

デファジィ化し比較する際には、重心法を採用すべきかどうかを別途吟味する必要があると考えられる。

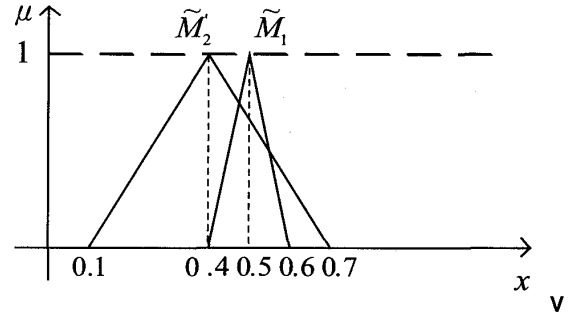


Fig. 3-2 ファジィ評価のデファジィ化 (ii)

3.2 Extent Analysis Method

意思決定問題においても、評価値がファジィ数として得られた場合、評価の順位付けを行うために何らかの処理を施す必要がある。ファジィ数の順位付けを目的としたデファジィ化法として、Changにより提案されたExtent Analysis Method (以下、EAM) がある[6]。この手法では、順位付けの対象となるファジィ評価について、その全ての組み合わせに対して次式による比較を行い

$$V(\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_j) = \begin{cases} 1 & , m_i \geq m_j \\ \text{hgt}(\tilde{M}_i \cap \tilde{M}_j) = \mu_m(d) & , \text{otherwise} \end{cases}$$

(3-2)

m stands for modal value of fuzzy number \tilde{M}

式 (3-3) を用いて、そのクリスプ値を決定する。

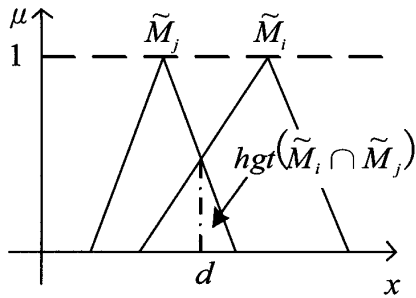
$$d(\tilde{M}_i) = \min_k V(\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_k) \quad (3-3)$$

where $k=1, 2, \dots, n, k \neq i$

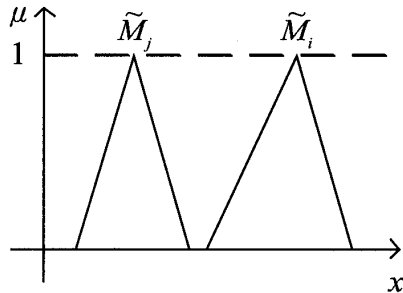
デファジィ化法としてEAMを採用すると、Fig. 3-1 における \tilde{M}_1 と \tilde{M}_2 は 1.0, 0.5 となり、Fig. 3-2 においては 1.0, 0.75 となり両数値例におけるファジィ数の関係は異なる

ものとして扱うことになる。EAMの特徴は、これらの例からも分かるように、最も大きなファジィ数を基準とし、各ファジィ数との関係によりクリस्प値を決定することにある。

一方、ファジィ数の相対的な関係として、その台集合が重なるケースと重ならないケースが考えられる (Fig. 3-3)。Changは対象とするファジィ数間で重ならないケースが存在した場合には、全てのファジィ数が重なるよう正規化することを提案しているが、正規化することで意思決定問題にどの



(a) 重なるケース



(b) 重ならないケース

Fig. 3-3 ファジィ数の相対的な関係 (i)

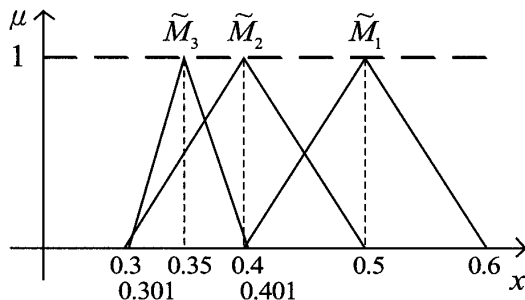


Fig. 3-4 ファジィ数の相対的な関係 (ii)

ような影響を及ぼすかなど十分な議論を行っていない。また、Fig. 3-4 の例に対して、EAMを用いると、それぞれのファジィ数をデファジィ化した値として

$$\begin{aligned} d(\tilde{M}_1) &= 1 \\ d(\tilde{M}_2) &= 0.5 \\ d(\tilde{M}_3) &= 0.007 \end{aligned}$$

を採用することになる。したがって、EAMでは対象とするファジィ数の台集合が重なる場合でも、最大ファジィ数の台集合との関係により、クリस्प値をほぼ0として扱わざるおえないケースが存在する。すなわち、重心法と同様、デファジィ化としてEAMを採用すべきかどうかは別途吟味する必要があると考えられる。

3.3 Variable Axis Method

本節では、筆者らがデファジィ化法として提案するVariable Axis Method (以下、可変軸法) について述べる。

まず、順位付けの対象となる n 個の評価の中で最大となるファジィ数 \tilde{M}_i は、extension principle[16]より、次式で定まる。

$$\begin{aligned} P(\tilde{M}_i) &= \sup \min_{k \in N_n} \tilde{M}_k(r_k) \\ \text{where } i \in N_n, N_n &= \{1, 2, \dots, n\} \end{aligned} \quad (3-4)$$

なお、 r_k は $r_i \geq r_k$ を満たす R^n 上のベクトル (r_1, r_2, \dots, r_n) に含まれる要素を意味する。評価間の順位付けを目的としたデファジィ化法を検討する上で、相対関係を如何に反映させるか、すなわち、どのような観点からファジィ評価 \tilde{M}_i と \tilde{M}_j の大小関係を定めるべきかを議論する必要がある。

2つのファジィ数がFig. 3-5 の関係にあ

る場合、式 (3-4) を利用すると、次式に示すように $P_{ij}(\tilde{M}_i)=1$ となり $P_{ji}(\tilde{M}_j)$ は交点の高さとなる。

$$P_{ij}(\tilde{M}_i) = \sup_{r_j \geq r_i} \min[\tilde{M}_i(r_i), \tilde{M}_j(r_j)] = 1 \quad (3-5)$$

$$P_{ji}(\tilde{M}_j) = \sup_{r_j \geq r_i} \min[\tilde{M}_i(r_i), \tilde{M}_j(r_j)] = \frac{l_i - u_j}{(m_j - u_j) - (m_i - l_i)} \quad (3-6)$$

一方、ファジィ数の台集合が重ならない際、式 (3-6) の値は負となる。これは、メンバーシップ関数の交点が x 軸の下に位置するためである。そこで、提案手法においては可変軸を設けることを検討する。すなわち、EAMでは x 軸からの距離により $P_{ij}(\tilde{M}_i)$ と $P_{ji}(\tilde{M}_j)$ の値を定めるが、可変軸法では可変軸 α からの距離によりこれらを定める。したがって、Fig. 3-5 のパラメータを用いると、 α_0 および $\alpha_0 - \delta$ により $P_{ij}(\tilde{M}_i)$ と $P_{ji}(\tilde{M}_j)$ の値を定める。

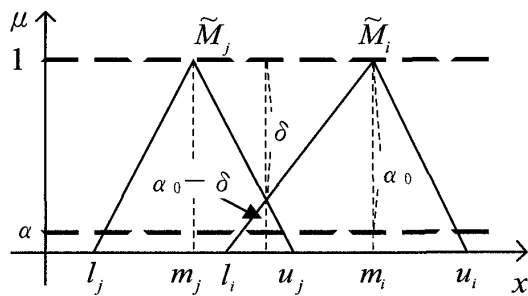


Fig. 3-5 ファジィ数と可変軸の関係 (i)

可変軸を設けるにあたって、本手法では

$$P_{ij}(\tilde{M}_i) : P_{ji}(\tilde{M}_j) = m_i : m_j \quad (3-7)$$

という関係が成り立つように定め、デファジィ化に際して、ファジィ数間の相対関係

に加えて各ファジィ数本来の位置を反映させる。したがって、式 (3-7) より、パラメータ α_0 , δ および可変軸 α は

$$\delta = 1 - \frac{l_i - u_j}{(m_j - u_j) - (m_i - l_i)} \quad (3-8)$$

$$\alpha_0 = \frac{\delta m_i}{m_i - m_j} \quad (3-9)$$

$$\alpha = 1 - \alpha_0 \quad (3-10)$$

となる。また、ファジィ数の台集合が重ならないケースについて考えた場合、可変軸が負となるため、デファジィ化により得た $P(\tilde{M})$ が 1 以上となる (Fig. 3-6)。そこで、提案手法においては、 $P(\tilde{M})$ に対して次式を用いて写像する。

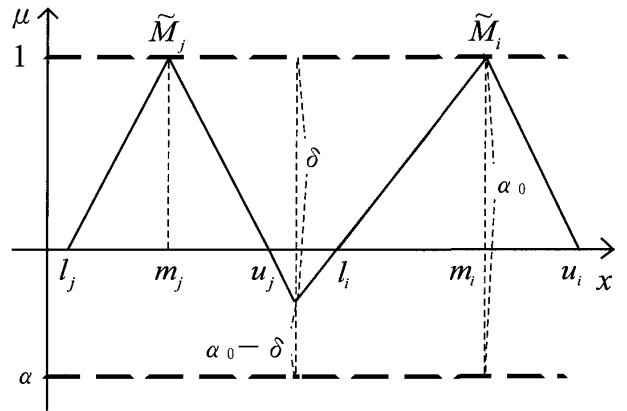


Fig. 3-6 ファジィ数と可変軸の関係 (ii)

$$F : [0, \alpha_0] \rightarrow [0, 1] \quad (3-11)$$

$$\text{where } F(P) = \frac{P - \alpha}{1 - \alpha}$$

一方、順位付けの対象となるファジィ数が 3 つ以上存在する場合について、可変軸を基に得られた値は Table. 3-1 のように整理することができる。なお、ここでの

$P'(\tilde{M})$ は $P(\tilde{M})$ を式 (3-11) を用いて写像した値を示す。

Table 3-1 デファジ化の結果

	\tilde{M}_1	\tilde{M}_2	...	\tilde{M}_n	$\min P'_{ij}(\tilde{M}_i)$
\tilde{M}_1	1	$P'_{12}(\tilde{M}_1)$...	$P'_{1n}(\tilde{M}_1)$	$d(\tilde{M}_1)$
\tilde{M}_2	$P'_{21}(\tilde{M}_2)$	1	...	$P'_{2n}(\tilde{M}_2)$	$d(\tilde{M}_2)$
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots	\vdots
\tilde{M}_n	$P'_{n1}(\tilde{M}_n)$	$P'_{n2}(\tilde{M}_n)$...	1	$d(\tilde{M}_n)$

したがって、可変軸法では、extension principle を考慮し

$$d(\tilde{M}_i) = \min_j P'_{ij}(\tilde{M}_i) \quad (3-12)$$

上式で得た結果をデファジ化した値として定める。さらに、実際の意思決定問題に適用するにあたって正規化が必要となる際には、その処理を施し評価ベクトルを決定する。

以上、ファジ数値のデファジ化法として、重心法、EAM、可変軸法について整理した。いずれの手法が優れているかを数理的に論ずることは困難であるが、これらの違いは“ファジ数値を表現するメンバーシップ関数を優先させる”，“ファジ数値間の相対関係を優先させる”，“相対関係とその本来の位置，双方を優先させる”という点にある。

4. e-Learningシステムの評価分析

ファジ意思決定手法の適用事例として、筆者は文献[1]にて、e-Learningシステムの評価分析を試みた。ここでは、e-Learningシステムにより学習した学生の判断をファジ数値として捉え、学生の主観的評価と試験結果を踏まえ、既存システムを包括的に評価分析したものである。本章では、

可変軸法の適用事例として、文献[1]におけるe-Learningシステムの評価を取り上げる。Table 4-1にシステム評価の調査概要として、ここでの被験者、評価基準、代替案を示す。

Table 4-1 調査概要

- ▶被験者：e-Learning受講者15名
- ▶評価基準：
 - H1－学習範囲・分量の適切さ
 - H2－解説文章の分かり易さ
 - H3－具体例の適切さ
 - H4－理解度チェック問題の適切さ
- ▶代替案（学習Content）：
 - C1－ビジネスマナー
 - C2－Excel
 - C3－HTML
 - C4－C言語
 - C5－SQL

評価基準について、各受講者に対して一対比較評価を行ってもらい、得られた回答を基に式 (2-4) よりファジ評価を導出し、各評価を平均した結果をFig. 4-1 に示す。

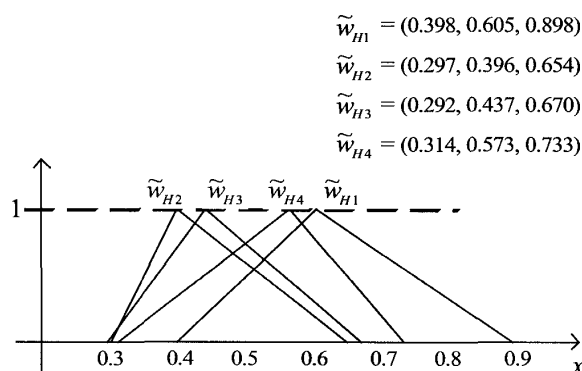


Fig. 4-1 各評価基準に対するファジ評価

可変軸法を用いてデファジ化を行う際、最大のファジ評価とその他の評価の相対関係より可変軸 α を決定する。Fig. 4-1 においては、H1 のファジ評価が最大となり、式 (3-8) と式 (3-9) から、パラメータ δ 、 α_0 はそれぞれ0.450、1.301となる。

したがって、ここでの可変軸 α は式 (3-10) より -0.301 となる。次に、可変軸を基に各ファジィ評価を比較し、得られた結果を式 (3-11) に基づき写像する。さらに、extension principle を考慮し、評価値を決定する。以下に、可変軸法により得られた結果を示す。

$$d(\tilde{w}_{H1}) = 1.000$$

$$d(\tilde{w}_{H2}) = 0.654$$

$$d(\tilde{w}_{H3}) = 0.706$$

$$d(\tilde{w}_{H4}) = 0.933$$

以上の結果から、“学習範囲・分量の適切さ” が学習Contentを評価する上で最も重要視されていることが確認できる。また、“解説文書の分かり易さ” と “具体例の適切さ” は、ほぼ同等に評価されており、Fig. 4-1 を見てもその妥当性が確認できる。次に、各学習Contentに対して、式 (2-4) を基に算出した受講者のファジィ評価を Table 4-2 に示す。各受講者のファジィ評価を可変軸法によりデファジィ化し、評価分布を確認した (Fig. 4-2)。評価分布より、HTMLは全体的に高い評価を得ていることが分かる。また、ビジネスマナーは評価値が0.5以上でほぼ分布しており、Excelの評価値は0.5以下でほぼ分布している。それに対して、C言語およびSQLの評価値は分布領域が広く、受講者の評価が統一していないことが確認できる。

一方、学習Contentに対する受講者全体の評価が必要な際には、各受講者の評価値に対しての平均を求める（あるいは、何らかの最適化問題により決定する）ことが考えられるが、e-Learningシステムの改善点を模索するにあたって、受講者の評価と学習内容に対する習熟度を加味した包括的

Table 4-2 Contentに対する各受講者の評価

	St1	St2	St3
C1	(0.204, 0.464, 1.518)	(0.098, 0.270, 0.827)	(0.515, 0.796, 1.3149)
C2	(0.550, 1.000, 1.595)	(0.274, 0.368, 0.468)	(0.695, 1.000, 1.361)
C3	(0.247, 0.669, 2.180)	(0.274, 1.000, 2.150)	(0.695, 1.000, 4.084)
C4	(0.076, 0.195, 0.596)	(0.074, 0.244, 0.703)	(0.124, 0.274, 1.077)
C5	(0.076, 0.195, 0.596)	(0.055, 0.123, 0.468)	(0.118, 0.258, 0.916)

	St4	St5	St6
C1	(0.282, 0.637, 2.551)	(0.141, 0.394, 1.253)	(0.161, 0.318, 1.321)
C2	(0.523, 0.938, 1.408)	(0.528, 0.832, 0.066)	(0.483, 0.703, 1.051)
C3	(0.239, 1.000, 3.110)	(0.332, 0.668, 2.163)	(0.416, 1.000, 2.627)
C4	(0.215, 0.385, 1.563)	(0.146, 0.383, 1.244)	(0.081, 0.174, 0.623)
C5	(0.084, 0.222, 0.753)	(0.290, 1.000, 2.414)	(0.249, 0.367, 1.609)

	St7	St8	St9
C1	(0.464, 0.084, 1.666)	(0.103, 0.421, 0.996)	(0.527, 1.000, 1.436)
C2	(0.169, 0.247, 0.344)	(0.280, 0.406, 0.596)	(0.102, 0.142, 0.183)
C3	(0.098, 1.000, 1.059)	(0.280, 1.000, 2.733)	(0.160, 0.427, 0.797)
C4	(0.542, 0.663, 2.098)	(0.280, 0.406, 1.789)	(0.470, 0.944, 1.585)
C5	(0.231, 0.844, 1.865)	(0.111, 0.227, 0.940)	(0.098, 0.411, 0.888)

	St10	St11	St12
C1	(0.372, 0.190, 0.632)	(0.481, 1.000, 1.875)	(0.189, 0.906, 2.090)
C2	(0.650, 1.000, 1.615)	(0.122, 0.177, 0.254)	(0.218, 0.350, 0.493)
C3	(0.630, 0.973, 4.723)	(0.368, 0.967, 1.669)	(0.446, 1.000, 2.499)
C4	(0.230, 0.458, 1.944)	(0.117, 0.198, 0.350)	(0.101, 0.298, 0.925)
C5	(0.140, 0.410, 1.581)	(0.150, 0.408, 0.913)	(0.138, 0.295, 1.062)

	St13	St14	St15
C1	(0.246, 0.557, 2.183)	(0.131, 0.756, 2.185)	(0.137, 0.304, 1.398)
C2	(0.267, 0.424, 0.699)	(0.168, 0.333, 0.561)	(0.216, 0.356, 0.599)
C3	(0.474, 1.000, 2.418)	(0.143, 0.859, 2.391)	(0.200, 0.403, 1.842)
C4	(0.036, 0.075, 0.197)	(0.168, 1.000, 2.807)	(0.024, 0.046, 0.102)
C5	(0.195, 0.300, 1.475)	(0.168, 1.000, 2.807)	(0.401, 1.000, 2.655)

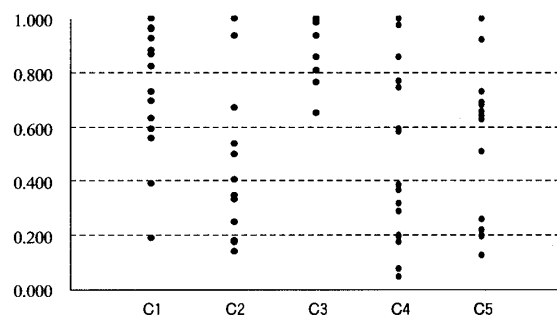


Fig. 4-2 受講生によるContent評価の分布

な評価も必要であろうと考えられる。文献 [1]では、e-Learningシステムを包括的に評価するために、評価構造をFig. 4-3 のように捉え、Table 4-2 とTable 4-3 を基に各学習Contentのファジィ評価を導出している (Fig. 4-4)。なお、ここでのファジィ評価導出の詳細については、文献[1]を参照されたい。

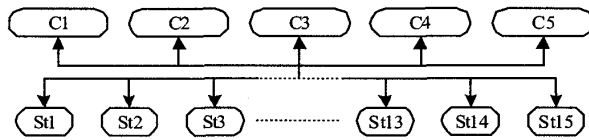


Fig. 4-3 Contentと受講者の評価構造

Table 4-3 受講者の試験結果

	C1	C2	C3	C4	C5
St1	15	19	16	12	16
St2	15	14	19	19	19
St3	17	15	15	14	18
St4	14	19	16	20	17
St5	13	10	4	6	14
St6	15	17	19	12	20
St7	9	13	15	16	17
St8	12	9	18	15	14
St9	14	15	19	14	14
St10	11	7	6	3	2
St11	16	13	18	15	17
St12	18	17	20	19	19
St13	15	16	18	16	17
St14	12	12	18	18	14
St15	11	11	18	18	14

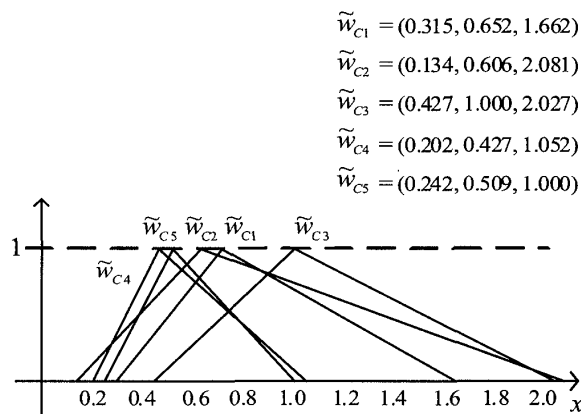


Fig. 4-4 各Contentに対するファジィ評価

各学習Contentのファジィ評価に対して、可変軸法によりデファジィ化の処理を施したところ

$$d(\tilde{w}_{C1}) = 0.737$$

$$d(\tilde{w}_{C2}) = 0.770$$

$$d(\tilde{w}_{C3}) = 1.000$$

$$d(\tilde{w}_{C4}) = 0.427$$

$$d(\tilde{w}_{C5}) = 0.447$$

という結果を得られ、HTMLに対する評価が最も高いことがわかる。また、ビジネスマナーとExcelについて、ファジィ評価の中央値のみを見ればビジネスマナーの評価が高いと言えるが、ファジィ評価をデファジィ化した値を評価値として採用した場合には順位の逆転現象が生じており、Excelに対する評価が非常に曖昧であることが確認できる。これは、Fig. 4-2における評価分布のみからは得られない分析結果となっている。さらに、C言語とSQLの評価について、Fig. 4-2においては評価分布が広い領域で分散していたが、Fig. 4-4を見ると他のContentsよりも低い評価であることが確認できる。

以上を踏まえると、C言語およびSQLについては改善の余地があり、特に“学習範囲・分量の適切さ”を再検討する必要があると考えられる。また、得られたファジィ評価に対してデファジィ化の処理を施すことで、受講者の視点のみから評価した結論と受講者の習熟度を含めて評価した結論が異なることを明確に示すことができた。さらに、受講者の試験結果が最も良かったContentの得点が1となるよう正規化を施し、習熟度と受講者評価の関連性を確認したところ、ビジネスマナーとHTMLは実際の習熟度よりも高く評価する傾向があり、ExcelとC言語、SQLは習熟度よりも低く評価する傾向があることが分かった。この結果は、ExcelとC言語、SQLについては技術的要素が強いためだと予測でき、Excelについては他の講義で受講した経験があることから習熟度が低いという結果には至らなかったと考えられる。したがって、今回分析対象としたe-Learningシステムの改善点を模索する上で、さらなるヒアリング調査を行い、技術的要素が強い分野の

Content作成を再度吟味する必要があると考えられる。

5. おわりに

意思決定問題においてファジィ理論の適用を試みる場合、結論として得られる評価がファジィ数となることがある。本稿では、重心法、EAMおよび筆者らが提案する可変軸法について、各デファジィ化法の特徴を整理した。これらの違いは“ファジィ数を表現するメンバーシップ関数を優先させる”、“ファジィ数間の相対関係を優先させる”、“相対関係とその本来の位置、双方を優先させる”という点にある。可変軸法は、重心法とEAMの中間的な手法であり、意思決定問題以外にもシステム制御や画像処理といった様々な分野でその適用範囲は幅広いと考えられる。

また本稿では、可変軸法の適用事例として、文献[1]で取り上げられたe-Learningシステムの評価分析を行った。結論として、技術的要素が強いContentを再度吟味する必要がある、特にC言語およびSQLについてはヒヤリング調査等を実施し改善する余地があると考えられる。

参考文献

- [1] 平良直之 “ファジィ階層分析法によるe-Learningシステムの評価”, 産業総合研究, Vol.15, pp.51-65(2007)。
- [2] P.J.M. van Laarhoven and W. Pedrycz “A fuzzy extension of Saaty's priority theory”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.11, pp.229-41 (1983)。
- [3] J.J. Buckley “Fuzzy hierarchical analysis”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.17, pp.233-47 (1985)。
- [4] X. Ruoning and Z. Xiaoyan “Fuzzy logarithmic least squares ranking method in analytic hierarchy process”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.77, pp.175-90 (1996)。
- [5] Y. Chian-Son “A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems”, Computers and Operational Research, Vol.29, pp.1969-2001 (2002)。
- [6] D.Y. Chang “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP”, European Journal of the Operational Research, Vol.95, pp.649-55 (1996)。
- [7] 水本雅晴 “ファジィ理論とその応用”, サイエンス社(1988)。
- [8] 田中一男 “応用をめざす人のためのファジィ理論入門”, ラッセル社(1991)。
- [9] 浅居喜代治 “ファジィ経営科学入門”, オーム社(1992)。
- [10] 古川長太 “ファジィ最適化の数理”, 森北出版(1999)。
- [11] T.L. Saaty “The Analytic Hierarchy Process”, New York, McGraw-Hill (1980)。
- [12] P.S. Park, K. Tusji and Y. Suzuki “Comprehensive evaluation of urban transportation systems by AHP”, International Journal of Systems Science, Vol.18, No.6, pp.1179-1190 (1987)。
- [13] 木下栄蔵 “AHPの理論と実践”, 日科技連(2000)。
- [14] 木下栄蔵 “入門AHP”, 日科技連(2000)。
- [15] Timothy J. Ross “Fuzzy Logic with engineering applications”, Wiley (2005)。
- [16] J.J. Buckley “Fuzzy Probabilities”,

- Springer (2005)。
- [17] Kaori Ota, Naoyuki Taira, Hayao Miyagi “Fuzzy AHP decision-making model by variable method”, 電子情報通信学会2007年総合大会 (2007)。